



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 102 54 695 B3 2004.04.15

(12)

# Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 102 54 695.9  
(22) Anmeldetag: 23.11.2002  
(43) Offenlegungstag: –  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 15.04.2004

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: B23P 13/00

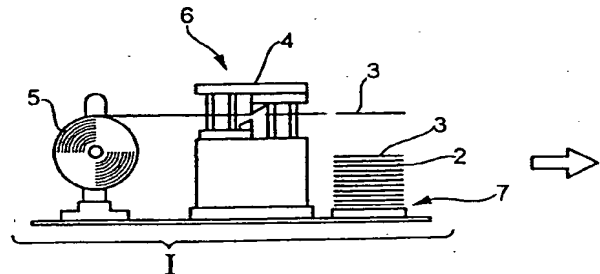
Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(66) Innere Priorität:  
102 42 709.7 13.09.2002  
  
(71) Patentinhaber:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE  
  
(72) Erfinder:  
Brod, Martin, Dipl.-Ing. (FH), 71272 Renningen,  
DE; Fischer, Uwe, 72184 Eutingen, DE; Mehrholz,  
Ralf, Dipl.-Ing., 70372 Stuttgart, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
DE 101 49 221 C1  
DE 101 49 220 C1  
DE 100 49 660 A1  
DE 24 52 486 A1

(54) Bezeichnung: Verfahren zur Herstellung eines metallischen Formbauteils

(57) Zusammenfassung: Zur Herstellung eines metallischen Formbauteils (1), insbesondere eines Karosseriebauteils, aus einem Halbzeug (2) aus einem ungehärteten warmformbaren Stahlblech wird das Halbzeug (2) zunächst durch ein Kaltumformverfahren, insbesondere durch Tiefziehen, zu einem Bauteil-Rohling (10) umgeformt (Prozessschritt II). Anschließend wird der Bauteil-Rohling (10) randseitig auf eine dem herzustellenden Bauteil (1) näherungsweise entsprechende Berandungskontur (12') beschnitten (Prozessschritt III). Schließlich wird der beschnittene Bauteil-Rohling (17) erwärmt und in einem Warmumform-Werkzeug (23) pressgehärtet (Prozessschritt IV). Das dabei erzeugte Bauteil (1) weist bereits nach dem Warmumformen die gewünschte Berandungskontur (24) auf, so dass eine abschließende Beschneidung des Bauteilrandes entfällt. Auf diese Weise können die Zykluszeiten bei der Herstellung gehärteter Bauteile aus Stahlblech erheblich gesenkt werden.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines metallischen Formbauteils, insbesondere eines Karosseriebauteils, aus einem Halbzeug aus warmumformbarem Stahlblech.

## Stand der Technik

[0002] Viele Bauteile, insbesondere Karosseriebauteile im Fahrzeugbau, müssen hohe Anforderungen in bezug auf Steifigkeit und Festigkeit erfüllen. Gleichzeitig sollen die Bauteile im Interesse der Gewichtsreduzierung eine möglichst geringe Materialdicke aufweisen. Um diesen beiden Anforderungen gerecht zu werden, kommen verstärkt hochfeste und höchstfeste Stahlwerkstoffe zum Einsatz, welche – je nach Zusammensetzung und Wärmebehandlung – sehr hohe Festigkeiten aufweisen. Die Herstellung von Karosseriebauteilen aus diesen höchstfesten Stahlblechen erfolgt vorzugsweise in einem Warmumformprozeß, bei dem – wie beispielsweise in der DE 24 52 486 A1 und der DE 100 49 660 A1 beschrieben – eine Platine erwärmt und anschließend in einem speziellen Formwerkzeug geformt und gehärtet wird. Durch eine geeignete Wahl der Prozeßparameter während des Warmumformens können dabei die Festigkeits- und Zähigkeitswerte des Bauteils gezielt eingestellt werden.

[0003] Zur Herstellung eines solchen Bauteils mit Hilfe der Warmumformung wird zunächst aus einem Coil eine Platine ausgeschnitten, die anschließend oberhalb der Gefügeumwandlungstemperatur des Stahlwerkstoffs, oberhalb derer das Werkstoffgefüge im austenitischen Zustand vorliegt, erwärmt, im erwärmten Zustand in ein Umformwerkzeug eingelegt und in die gewünschte Bauteilform umgeformt und unter mechanischer Fixierung des gewünschten Umformzustands abgekühlt wird, wobei eine Vergütung bzw. Härtung des Bauteils erfolgt.

[0004] Um ein auf diese Weise hergestelltes Bauteil maßhaltig zu schneiden, ist allerdings ein hoher apparativer Aufwand erforderlich: Insbesondere sind zum kalten Schneiden gehärteter Werkstoffe sehr hohe Schneidkräfte erforderlich, was zu einem schnellen Werkzeugverschleiß und hohen Instandhaltungskosten führt. Weiterhin ist das kalte Beschneiden solcher hochfester Bauteile problematisch, da beispielsweise die im kalten Zustand beschnittenen Bauteilkanten mehr oder weniger große Grate aufweisen, was aufgrund der hohen Kerbempfindlichkeit der hochfesten Werkstoffe zu einer schnellen Rißbildung im Bauteil führen kann.

[0005] Zur Vermeidung dieser beim mechanischen Beschneiden der gehärteten Bauteile auftretenden Schwierigkeiten werden vielfach alternative Schneidverfahren eingesetzt, wie zum Beispiel Laserschneiden oder Wasserstrahlschneiden. Zwar kann mit Hilfe dieser Verfahren ein qualitativ hochwertiger Beschnitt der Bauteilkante erreicht werden, jedoch ar-

beiten diese Schneidverfahren vergleichsweise langsam, da die Zykluszeiten hier unmittelbar von der Länge der Schnittkante sowie von den einzuhaltenen Toleranzen abhängen. Der abschließende Beschneidungsprozeß stellt somit einen Flaschenhals bei der Herstellung warmumgeformter Bauteile her, der die Zahl der pro Zeiteinheit herzustellenden Bauteile begrenzt. Zwar kann die Gesamtzykluszeit der Bauteilherstellung reduziert werden, wenn – je nach Länge der Schnittkante – mehrere parallel arbeitende Laser- oder Wasserstrahlschneidanlagen bereitgestellt werden, jedoch ist dies mit hohen Zusatzinvestitionen und Logistikaufwand verbunden und daher nachteilig.

[0006] Aus der DE 101 49 220 C1 und der DE 101 49 221 C1 sind Verfahren zur Herstellung preßgehärteter Bauteile bekannt, bei denen zunächst eine topfartige Ausformung bzw. ein Durchzug an einer Platine im ungehärteten Zustand ausgeformt wird; anschließend wird die Platine in einem Warmumform-Werkzeug zum fertigen Bauteil warm umgeformt und gehärtet. Das auf diese Weise hergestellte Bauteil kann in einer Nachfolge-Operation beschnitten werden. Jedoch geht aus keiner dieser beiden Druckschriften hervor, auf welche Weise dieser Beschneidprozeß durchgeführt werden muss, um einerseits den Werkzeugverschleiß zu minimieren, andererseits eine geringe Zykluszeit zu erreichen.

## Aufgabenstellung

[0007] Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, den Verfahrensablauf bei der Herstellung von Bauteilen aus warmumformbaren Blechen dahingehend zu verbessern, daß die Zykluszeit – unabhängig von der Länge der Bauteilaußenkontur – reduziert werden kann.

[0008] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0009] Die Grundidee der Erfindung besteht in der Überlegung, daß der Bauteil-Herstellungsprozeß in einer solchen Weise gestaltet werden sollte, daß auf die verfahrenstechnisch aufwendige und kostenintensive abschließende Beschneidung des gehärteten Bauteils verzichtet werden kann. Die Randbereiche werden daher erfindungsgemäß bereits im ungehärteten Zustand des Bauteils abgeschnitten und nicht erst – wie herkömmlicherweise beim Warmumformen üblich – nach dem Erwärmungs- und Härteprozeß.

[0010] Der erfindungsgemäße Herstellungsprozeß sieht somit vor, daß zunächst aus einem Coil aus einem warmumformbaren Stahlblech eine Platine ausgeschnitten wird. Aus dieser Platine wird anschließend mittels eines herkömmlichen Kaltumformverfahrens, z.B. durch Tiefziehen, und anschließendem Beschneiden der Randbereiche ein Bauteil-Rohling geformt, der bereits sowohl (näherungsweise) die gewünschte dreidimensionale Form als auch (näherungsweise) die gewünschte Außenkontur des fertigen Bauteils hat. Dieser Bauteil-Rohling wird an-

schließlich auf eine oberhalb der Umformtemperatur des Werkstoffs liegende Temperatur erwärmt und im Warmzustand in ein Warmumform-Werkzeug transferiert, in dem das Bauteil pressgehärtet wird. In diesem Verfahrensschritt erfährt der Bauteil-Rohling eine vergleichsweise geringe Umformung und wird gleichzeitig einer gezielten Wärmebehandlung unterzogen, im Zuge derer eine bauteilübergreifende oder lokale Härtung erfolgt.

[0011] Da der Bauteil-Rohling zu Beginn der Warmumformung bereits annähernd die gewünschten Maße aufweist, ist während der Warmumformung nur noch eine verhältnismäßig geringe Anpassung bzw. Korrektur der Bauteilkontur notwendig. Dadurch werden die Bauteilränder nur unwesentlich geändert, so daß die Notwendigkeit einer abschließenden Beschneidung der Bauteilränder entfällt. Unter „Bauteilrändern“ sind hier sowohl äußere Berandungen als auch innere Randbereiche (Berandungen von Durchbrüchen des Bauteils) zu verstehen.

[0012] Im Gegensatz zu herkömmlichen Warmumformverfahren erfolgt bei dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren das Beschneiden der überschüssigen Randbereiche somit vor der Warmumformung; zu diesem Zeitpunkt befindet sich der Bauteil-Rohling in einem weichen (ungehärteten) Zustand und kann daher mit Hilfe herkömmlicher mechanischer Verfahren beschnitten werden. Somit kann auf die aufwendige und zeitraubende Laser- bzw. Wasserstrahlbeschneidung des fertigen Preßteils verzichtet werden, so daß die Durchlaufzeiten im Vergleich zum konventionellen Prozeßablauf erheblich gesenkt werden können. Gleichzeitig wird eine hochwertige Schnittkante erreicht.

[0013] Weiterhin erfolgt bei Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens im Warmumformwerkzeug nur noch eine geringe Umformung des Bauteils; somit kann der Werkzeugverschleiß des Warmumformwerkzeugs erheblich reduziert werden.

[0014] Da die Bauteilgeometrie (fast) vollständig durch Kaltumformung hergestellt wird, kann die Herstellung des Bauteils im Zuge der Konstruktionsphase durch konventionelle Umformsimulation abgesichert werden. Dies ermöglicht reduzierte Entwicklungskosten für Bauteil und Werkzeug.

[0015] Besondere Vorteile lassen sich erzielen, wenn als Kaltumformungsverfahren zur endformnahen Ausformung der Bauteilgeometrie ein (mehrstufiges) Tiefziehverfahren verwendet wird (siehe Anspruch 2). Da im Weichzustand eine mehrstufige Umformbarkeit des Bauteil-Rohlings möglich ist, können auch komplexe Bauteilgeometrien ausgeformt werden. Vorteilhafterweise wird in die letzte Stufe des Tiefziehwerkzeugs mit Schneidwerkzeugen versehen, so daß die Beschneidung des Bauteil-Rohlings direkt im Kaltumformwerkzeug erfolgt.

[0016] Zur Beschneidung des Bauteil-Rohlings kommen vorzugsweise mechanische Schneidmittel zum Einsatz (siehe Anspruch 3). Diese Schneidmittel können insbesondere in Form von Abkant- und/oder

Stanzwerkzeugen in das Kaltumformwerkzeug integriert sein, so daß die Randbeschneidung nicht in einem separaten Verfahrensschritt, sondern als Teil der Kaltumformung erfolgt (siehe Anspruch 4).

[0017] Um die Zykluszeit des Gesamtprozesses weiter reduzieren zu können, ist es vorteilhaft, den Prozeßschritt der Preßhärtung des beschnittenen Bauteil-Rohlings zeitlich möglichst kurz zu gestalten, um einen möglichst hohen Durchsatz von Bauteilen pro Warmumform-Werkzeug zu gewährleisten. Hierzu sollte das fertig ausgeformte Bauteil möglichst schnell abgekühlt werden. In einer vorteilhaften Ausführungsform wird das fertig ausgeformte Bauteil in einem Werkzeug abgeschreckt, welches mit Hilfe einer Sole (mit Temperatur  $< 0^{\circ}\text{C}$ ) als Kühlmittel gekühlt wird (siehe Anspruch 5); eine solche Sole hat eine besonders hohe Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität. Auf diese Weise kann eine besonders schnelle Kühlung des Bauteils erreicht werden.

[0018] Eine zusätzliche Reduktion der Zykluszeit des Gesamtprozesses läßt sich erreichen, wenn das Bauteil über mehrere Stationen (entsprechend mehreren Werkzeugsätzen) hinweg abgekühlt wird. So wird in einer ersten Station das Bauteil so weit abgeschreckt, bis die Martensit-Grenztemperatur unterschritten ist. Die Bauteilfestigkeit ist dann bereits ausreichend für einen Weitertransport zur nächsten Station (bzw. dem nächsten Werkzeug). In dieser zweiten (bzw. einer Folge von weiteren) Station wird das Bauteil dann bis auf Handtemperatur abgekühlt.

[0019] In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird für die Herstellung des Bauteils ein Halbzeug aus einem lufthärtenden Stahl verwendet (siehe Anspruch 6). Ein Vorteil von lufthärtenden Stählen besteht darin, daß zum Abschrecken des Bauteils prinzipiell keine zusätzliche Kühlung (z.B. durch das Warmumform-Werkzeug) notwendig ist. In diesem Fall wird der Bauteil-Rohling im Warmumform-Werkzeug auf Endkontur geformt und dann nur solange im Warmumform-Werkzeug abgekühlt, bis eine ausreichende Warmfestigkeit, Steifigkeit und damit verbundene Maßhaltigkeit des Bauteils erreicht ist. Anschließend kann das Bauteil aus dem Warmumform-Werkzeug entnommen und an der Luft fertig abgekühlt werden; das Warmumform-Werkzeug steht somit für die Aufnahme eines weiteren Bauteil-Rohlings bereit. Auf diese Weise können die Zykluszeiten bei der Herstellung gehärteter Bauteile weiter verkürzt werden. – Erfolgt die Lufthärtung unter einem Schutzgas, so ergibt sich – zusätzlich zu diesem Zeitgewinn – der weitere Vorteil, daß sich auf dem Bauteil kein Zunder bildet und somit die aufwendige nachträgliche Entzunderung entfällt (siehe Anspruch 7).

[0020] Bei einer solchen Erwärmung und Wärmebehandlung unter Schutzgas bleibt das Bauteil frei von Oberflächenverschmutzungen und kann daher mit Vorteil direkt im Anschluß an die Warmumformung und Abschreckung (d.h. nach Abkühlung auf eine Temperatur unterhalb der Martensittemperatur) einer Oberflächenbeschichtung unterzogen werden

(siehe Anspruch 8). Im Zuge dieser Oberflächenbeschichtung können insbesondere korrosionshemmende Schutzschichten (z.B. durch Verzinken) auf die Bauteiloberfläche aufgebracht werden. Dabei kann direkt die von der Warmumformung herrührende, im Bauteil verbliebene Restwärme genutzt werden. Anschließend kann eine weitere Wärmebehandlung des Bauteils durch Anlassen erfolgen.

[0021] Die Erwärmung des beschnittenen Bauteil-Rohlings vor der Warmumformung kann in einem Durchlaufofen erfolgen (siehe Anspruch 9). Alternativ wird die Erwärmung induktiv durchgeführt (siehe Anspruch 10). Eine solche induktive Erwärmung erfolgt sehr schnell, weswegen in diesem Fall ein zusätzlicher Zeitgewinn in der Gesamtprozeßzeit erreicht werden kann. Aufgrund der kurzen Aufheizdauer tritt weiterhin während der Erwärmung nur eine vernachlässigbare Verzunderung der Bauteiloberflächen auf, weswegen die Verwendung von Schutzgas entfallen kann. Die induktive Erwärmung hat besondere Vorteile in denjenigen Anwendungsfällen, in denen nicht das gesamte Bauteil, sondern nur ausgewählte Bereiche des Bauteils preßgehärtet werden sollen: Dann werden selektiv – durch geeignete Gestaltung der Induktoren – nur die ausgewählten, zu härtenden Bereiche erwärmt und anschließend im Warmumform-Werkzeug gehärtet, während die restlichen, unerwärmten Bereiche zwar im Warmumform-Werkzeug umgeformt werden, aber in der ursprünglichen Duktilität verbleiben. Alternativ bzw. zusätzlich ermöglicht das Induktionserwärmen eine Einstellung der Bauteileigenschaften über die Blechdicke hinweg („weicher Kern – harte Deckschicht“). Auf diese Weise können lokal variable Festigkeits- und Steifigkeits-eigenschaften auf dem fertigen Bauteil erreicht werden.

[0022] Zur induktiven Erwärmung kann eine getrennte, zwischen Schneidvorrichtung und Warmumform-Werkzeug angeordnete Heizstation – analog zum Durchlaufofen – vorgesehen werden. Im Unterschied zu einer Erwärmung im Durchlaufofen – bei der eine gewisse Erwärmungsstrecke notwendig ist – ist die induktive Erwärmung mit einem geringen Platzbedarf verbunden, was zu Kosteneinsparungen führt. Die Form und Anordnung der Induktoren wird auf die Form des beschnittenen Bauteil-Rohlings bzw. der zu erwärmenden Bereiche abgestimmt. Alternativ zur Erwärmung in einer getrennten Heizstation kann die Erwärmung auch in der Schneidvorrichtung (direkt nach der Randbeschneidung) oder im Warmumform-Werkzeug (direkt vor der Warmumformung) erfolgen. Hierzu ist die Schneidvorrichtung bzw. das Umformwerkzeug mit internen Induktoren versehen, oder das Bauteil wird mit Hilfe von externen, entsprechend geformten Induktoren erhitzt, welche nach der Randbeschneidung bzw. vor der Warmumformung in die geöffnete Schneidvorrichtung bzw. das geöffnete Warmumform-Werkzeug eingeführt und dort an die gewünschte Stelle des Bauteils plaziert werden.

#### Ausführungsbeispiel

[0023] Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Dabei zeigen

[0024] **Fig. 1** ein Verfahrensschema des erfindungsgemäßen Herstellungsprozesses eines preßgehärteten Bauteils:

[0025] **Fig. 1a:** Zuschneiden der Platine (Schritt I)  
**Fig. 1b:** Kaltumformung (Schritt II)

[0026] **Fig. 1c:** Beschneiden der Ränder (Schritt III)  
**Fig. 1d:** Warmumformung (Schritt IV)

[0027] **Fig. 1e:** Trockenreinigung (Schritt V);

[0028] **Fig. 2** perspektivische Ansichten ausgewählter Zwischenstufen bei der Herstellung des Bauteils:

[0029] **Fig. 2a:** ein Halbzeug;

[0030] **Fig. 2b:** ein daraus geformter Bauteil-Rohling;

[0031] **Fig. 2c:** ein beschnittener Bauteil-Rohling;

[0032] **Fig. 2d:** das fertige Bauteil.

[0033] **Fig. 1a bis 1e** zeigen eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines räumlich geformten, preßgehärteten Bauteils **1** aus einem Halbzeug **2**. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird als Halbzeug **2** eine Platine **3** verwendet, welche aus einem abgewickelten Blechcoil ausgeschnitten wird. Alternativ kann als Halbzeug ein Verbundblech zum Einsatz kommen, welches – wie z.B. in der DE 100 49 660 A1 beschrieben – aus einem Basisblech und mindestens einem Verstärkungsblech besteht. Weiterhin kann als Halbzeug ein Taylored Blank verwendet werden, welches aus mehreren zusammengeschweißten Blechen unterschiedlicher Materialstärke und/oder unterschiedlicher Materialbeschaffenheit besteht. Alternativ kann das Halbzeug ein durch ein beliebiges Umformverfahren hergestelltes dreidimensional geformtes Blechteil sein, welches mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens eine weitere Umformung sowie eine Festigkeits/Steifigkeitserhöhung erfahren soll.

[0034] Das Halbzeug **2** besteht aus einem warmumformbaren Stahl. Als Beispiel eines solchen Werkstoffs sei an dieser Stelle der unter der Handelsbezeichnung BTR 155 vertriebene lufthärtende Stahl der Firma Benteler genannt, der die nachfolgend aufgeführte Legierungszusammensetzung aufweist, wobei die zusätzlich zu dem Basismetall Eisen hinzuzufügenden Gehalte der Legierungspartner in Massenprozent zu verstehen sind:

Kohlenstoff: 0,18 – 0,28%,

Silizium: max. 0,7%,

Mangan: 2,00 – 4,00%,

Phosphor: max. 0,025%,

Schwefel: max. 0,010,

Chrom: max. 0,7%,

Molybdän: max. 0,55%,

Nickel: max. 0,6%,

Aluminium: 0,020 – 0,060%.

[0035] In einem ersten Prozeßschritt I wird die Platine **3** – wie in **Fig. 1a** dargestellt – aus einem abgewi-

ckelten und geradegerichteten Abschnitt eines Coils 5 aus einem warmumformbaren Blech ausgeschnitten. Der warmumformbare Werkstoff befindet sich zu diesem Zeitpunkt in einem „weichen“ (d.h. ungehärteten) Zustand, so daß die Platine 3 problemlos mit Hilfe konventioneller mechanischer Schneidmittel – beispielsweise mit Hilfe einer Hubschere 4 – ausgeschnitten werden kann. Im Großserieneinsatz erfolgt das Zuschneiden der Platine 3 vorteilhafterweise mit Hilfe einer Platinenpresse 6, welche eine automatisierte Zuführung des Coils 5 und ein automatisches Ausstanzen und Abführung der ausgeschnittenen Platine 3 gewährleistet. Die auf diese Weise ausgeschnittene Platine 3 ist in Fig. 2a in einer schematischen perspektivischen Ansicht dargestellt. Die ausgeschnittenen Platinen 3 werden auf einem Stapel 7 abgelegt und werden in gestapelter Form einer Kaltumform-Station 8 zugeführt (siehe Fig. 1b). Hier wird in einem zweiten Prozeßschritt II aus der Platine 3 mit Hilfe des Kaltumform-Werkzeugs 8 – im vorliegenden Beispiel einem zweistufigen Tiefziehwerkzeug 9 – ein Bauteil-Rohling 10 geformt. Um dabei prozeßsicher eine qualitativ hochwertige Ausformung der Bauteilgeometrie gewährleisten zu können, muß während des Kaltumformungsprozesses gezielt ein vorherbestimmter, optimierter Werkstofffluß auf der Platine 3 sichergestellt werden. Um dies zu erreichen, weist die Platine 3 Randbereiche 11 auf, die über eine (in Fig. 2a gestrichelt angedeutete) Außenkontur 12 des zu formenden Bauteils 1 hinausragen. In diesen Randbereichen 11 werden während des Ziehprozesses durch Niederhalter 13 gesteuert Kräfte ausgeübt, welche einen gezielten Materialfluß auf der Platine 3 und somit ein hochqualitatives Ziehergebnis bewirken.

[0036] Im Rahmen dieses Kaltumformprozesses (Prozeßschritt II) wird der Bauteil-Rohling 10 endkonturnah ausgeformt. Unter „endkonturnah“ soll dabei verstanden werden, daß diejenigen Teile der Geometrie des fertigen Bauteils 1, welche mit einem makroskopischen Materialfluß einhergehen, nach Abschluss des Kaltumformprozesses vollständig in den Bauteil-Rohling 10 eingepasst sind. Nach Abschluss des Kaltumformprozesses (Prozeßschritt II) sind somit zur Herstellung der dreidimensionalen Form des Bauteils 1 nur noch geringe Formanpassungen notwendig, welche einen minimalen (lokalen) Materialfluß erfordern; der Bauteil-Rohling 10 ist in Fig. 2b dargestellt.

[0037] Je nach Komplexität der Bauteilgeometrie kann die endkonturnahe Formgebung in einem einzigen Tiefziehschritt erfolgen, oder sie kann mehrstufig – beispielsweise in der in Fig. 1b gezeigten zweistufigen Tiefziehpresse 9 – erfolgen.

[0038] Anschließend an den Kaltumformprozeß wird der Bauteil-Rohling 10 in eine Schneidvorrichtung 15 eingelegt und dort beschnitten (Prozeßschritt III, Fig. 1c). Da der Werkstoff des Bauteil-Rohlings 10 sich zu diesem Zeitpunkt noch in einem „weichen“, d.h. ungehärteten Zustand befindet, kann dieser Be-

schneideprozeß mit Hilfe mechanischer Schneidmittel 14 (insbesondere mit Schneidmessern, Abkant- und/oder Stanzwerkzeugen) erfolgen.

[0039] Für den Beschneidevorgang kann – wie in Fig. 1c gezeigt – eine separate Schneidvorrichtung 15 vorgesehen sein. Alternativ können die Schneidmittel 14 in die letzte Stufe 9' des Tiefziehwerkzeugs 9 integriert sein, so daß in der letzten Tiefziehstufe 9' zusätzlich zu der Fertigformung des Blechteil-Rohlings 10 auch die randseitige Beschneidung erfolgt.

[0040] Durch den Kaltumform- und den Beschneideprozeß (Prozeßschritte II und III) wird somit aus der Platine 3 ein endkonturnaher beschnittener Bauteil-Rohling 17 hergestellt, der sowohl in bezug auf seine dreidimensionale Form als auch in bezug auf seine Randkontur 12' nur wenig von der gewünschten Bauteilform abweicht. Die abgeschnittenen Randbereiche 11 werden in der Schneidvorrichtung 15 abgeführt; der Bauteil-Rohling 17 (Fig. 2c) wird mit Hilfe eines Manipulators 19 aus der Schneidvorrichtung 15 entnommen und der nächsten Prozeßstufe zugeführt.

[0041] In der nun folgenden Prozeßstufe IV (Fig. 1d) wird der beschnittene Bauteil-Rohling 17 einer Warmumformung unterzogen; im Rahmen derer er auf die endgültige Bauteilform 1 ausgeformt und gehärtet wird. Hierzu wird der beschnittene Bauteil-Rohling 17 von einem Manipulator 20 in einen Durchlaufofen 21 eingelegt, wo er auf eine Temperatur erhitzt wird, die oberhalb der Gefügeumwandlungstemperatur in den austenitischen Zustand liegt; je nach Stahlsorte entspricht dies einer Erhitzung auf eine Temperatur zwischen 700° C und 1100° C. Vorteilhafterweise ist die Atmosphäre des Durchlaufofens 21 durch eine gezielte und ausreichende Zugabe eines Schutzgases inertisiert, um ein Verzundern nicht beschichteter Schnittstellen 12' der beschnittenen Rohlinge 17 oder – bei Verwendung unbeschichteter Bleche – an der gesamten Rohlingsoberfläche zu verhindern. Als Schutzgas kann beispielsweise Kohlendioxid und/oder Stickstoff verwendet werden.

[0042] Der erhitzte beschnittene Bauteil-Rohling 17 wird dann mit Hilfe eines Manipulators 22 in ein Warmumform-Werkzeug 23 eingelegt, in dem die dreidimensionale Gestalt und die Randkontur 12' des beschnittenen Bauteil-Rohlings 17 auf ihr endgültiges, gewünschtes Maß gebracht werden. Da der beschnittene Bauteil-Rohling 17 bereits endkonturnahe Maße aufweist, ist während des Warmumformung nur noch eine geringe Formanpassung notwendig. Im Warmumform-Werkzeug 23 wird der beschnittene Rohling 17 fertiggeformt und schnell abgekühlt, wodurch ein feinkörniges martensitisches oder bainitisches Werkstoffgefüge eingestellt wird. Dieser Verfahrensschritt entspricht einer Härtung des Formbauteils 1 und ermöglicht eine gezielte Einstellung der Werkstofffestigkeit. Einzelheiten und verschiedene Ausgestaltungen dieses Härtungsprozesses sind beispielsweise in der DE 100 49 660 A1 beschrieben. Dabei kann eine bauteilübergreifende Härtung des

gesamten Formbauteils 1 erfolgen; alternativ können durch eine geeignete Gestalt des Warmumform-Werkzeugs 23 z.B. isolierende Einsätze, Luftspalte etc.) ausgewählte Bereiche des Bauteils von der Härtung ausgespart werden, so daß die Härtung des Formbauteils 1 nur lokal erfolgt.

[0043] Ist der gewünschte Härtungszustand des Formbauteils 1 erreicht, so wird Formbauteil 1 aus dem Warmumform-Werkzeug 23 entnommen. Aufgrund der dem Warmumformungsprozeß vorgelagerten endkonturnahen Beschneidung des Bauteil-Rohlings 10 sowie der Formanpassung der Außenberandung 12' im Warmumform-Werkzeug 23 weist das Formbauteil 1 nach Abschluß des Warmumformprozesses bereits die gewünschte Außenkontur 24 auf, so daß nach der Warmumformung keine zeitaufwendige Beschneidung des Bauteilrandes notwendig ist.

[0044] Um eine schnelle Abschreckung des Formbauteils 1 im Zuge der Warmumformung zu erreichen, wird das Formbauteil 1 in einem durch Sole gekühlten Warmumform-Werkzeug 23 abgeschreckt. Eine solche Sole hat eine hohe Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität umspült. Abhängig von den zugesetzten Salzen kann die Sole auf Temperaturen weit unterhalb des Gefrierpunktes von Wasser gekühlt werden.

[0045] Die Warmumformung des Formbauteils 1 geht im Regelfall ein er mit einer Verzunderung der Bauteiloberfläche, so daß das Formbauteil 1 in einem weiteren Verfahrensschritt (Prozeßschritt V, Fig. 1e) in einer Trockenreinigungsstation 25 (beispielsweise mittels Kugelstrahlen) entzundert werden muß.

[0046] Durch den in Fig. 1a bis 1e dargestellten Verfahrensablauf mit der endkonturnahen Beschneidung der Bauteil-Rohlinge 10 im weichen Zustand wird eine erhebliche Verkürzung der Zykluszeit gegenüber dem herkömmlichen Verfahrensablauf erreicht, bei dem das fertige, gehärtete Formbauteil 1 erst nach der Warmumformung mittels (Laser-) Schneidens auf das gewünschte Maß beschnitten wird. Wird das erfindungsgemäße Verfahren eingesetzt, so weist Formbauteil 1 nach Abschluß des Warmumformungsprozesses (Prozeßschritt IV) bereits die gewünschte endgültige Außenkontur 24 auf, so daß die Hartbeschneidung – die im herkömmlichen Verfahrensablauf den Flaschenhals bildete – entfällt.

[0047] Im erfindungsgemäßen Verfahrensablauf stellt nunmehr die Abkühlung des fertig ausgeformten Formbauteils 1 im Warmumform-Werkzeug 23 den Engpaß des Gesamtverfahrens dar: Bei einer Härtung im Werkzeug 23 beträgt nämlich die insgesamt erforderliche Abkühlzeit bei guter Auslegung der werkzeugintegrierten Kühlung je nach Blechdicke, Werkstückgröße und Endtemperatur etwa 20 bis 40 Sekunden, wobei das Gros der Fälle im Bereich zwischen 25 und 30 Sekunden liegt. Eine Verkürzung der Zykluszeit kann hier durch den Einsatz lufthärtender Stähle als Werkstoffe für die Formbauteile 1 erreicht werden: In diesem Fall braucht das Formbauteil

1 im Warmumform-Werkzeug 23 nur so weit abgekühlt zu werden, bis eine ausreichende Warmfestigkeit, Steifigkeit und damit verbundene Maßhaltigkeit des Formbauteils 1 erreicht ist; dann kann das Formbauteil 1 aus dem Werkzeug 23 entnommen werden, so daß der weitere Wärmebehandlungsvorgang an der Luft außerhalb des Werkzeugs 23 erfolgt, und das Warmumform-Werkzeug 23 für die Aufnahme eines nächsten Bauteil-Rohlings 17 bereitsteht. Auf diese Weise kann die Verweilzeit des Formbauteils 1 im Warmumform-Werkzeug 23 auf wenige (< 10) Sekunden reduziert werden, was zu einer weiteren Verkürzung der Gesamt-Zykluszeit führt.

[0048] Zusätzliche Einsparungen bzw. Reduktionen der Zykluszeit können erzielt werden, wenn nicht nur die Erwärmung der Bauteil-Rohlinge 17, sondern auch die Warmumformung in einer Schutzgasatmosphäre erfolgt; in diesem Fall ist das Umformwerkzeug 23, wie in Fig. 1d gestrichelt angedeutet, in die Schutzgasatmosphäre 26 des Durchlaufofens 21 integriert. Dadurch wird ein verzunderfreier Preßhärtungsprozeß realisiert, so daß die ansonsten bislang notwendige nachfolgende Trockenreinigung der Bauteile 1 (Prozeßschritt V) entfallen kann.

[0049] Alternativ zu der Erwärmung der Bauteil-Rohlinge 17 in dem Durchlaufofen 21 kann die Erwärmung induktiv erfolgen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines metallischen Formbauteils (1), insbesondere eines Karosseriebauteils, aus einem Halbzeug (2, 3) aus einem ungehärteten warmformbarem Stahlblech mit den folgenden Verfahrensschritten:

- aus dem Halbzeug (2, 3) wird durch ein Kaltumformverfahren, insbesondere durch ein Ziehverfahren, ein Bauteil-Rohling (10) geformt (Prozeßschritt II);
- der Bauteil-Rohling (10) wird randseitig auf eine dem herzustellenden Formbauteil (1) näherungsweise entsprechende Randkontur (12') beschnitten (Prozeßschritt III);
- der beschnittene Bauteil-Rohling (17) wird erwärmt und in einem Warmumform-Werkzeug (23) fertiggeformt und zugleich pressgehärtet (Prozeßschritt IV).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ausformung des Bauteil-Rohlings (10) aus dem Halbzeug (2, 3) ein Tiefziehverfahren verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Bauteil-Rohling (10) mit Hilfe eines mechanischen Schneidverfahrens (14, 15) beschnitten wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschneidung des Bauteil-Rohlings (10) als Teil der Kaltumformung erfolgt.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Warmumform-Werkzeug (23) mit einer Sole gekühlt wird.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Halbzeug (2,3) aus einer lufthärtenden Stahllegierung besteht.

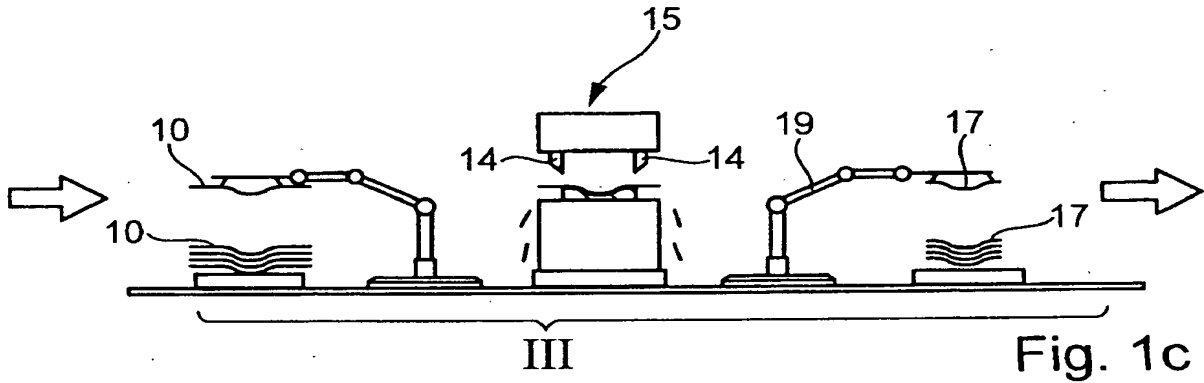
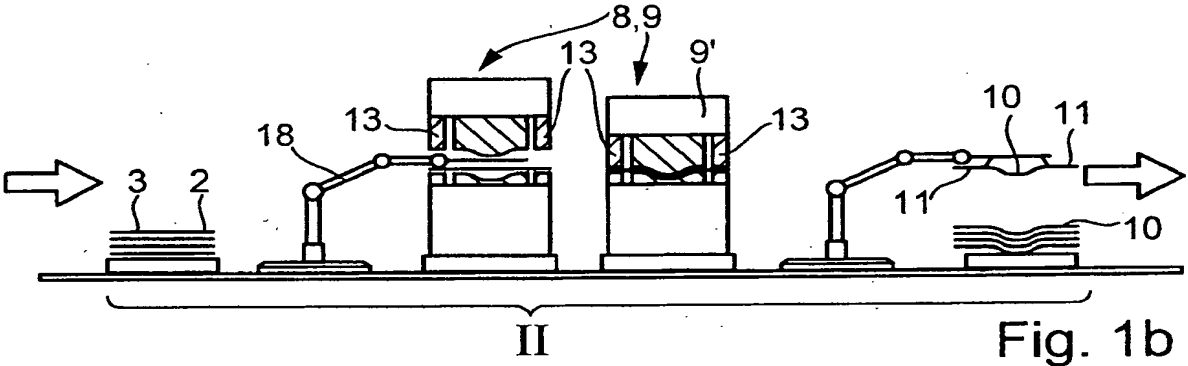
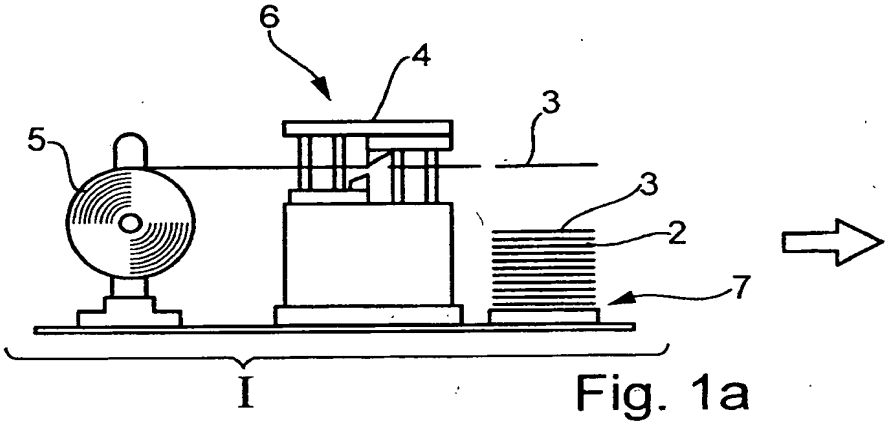
7. Verfahren nach der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Erwärmung und Warmumformung des beschnittenen Bauteil-Rohlings (17) in einer Schutzgasatmosphäre (26) erfolgt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet,  
– daß das Formbauteil (1) nach der Warmumformung (Prozeßschritt IV) auf eine Temperatur unterhalb der Martensittemperatur abgekühlt wird  
– und daß das Formbauteil (1) unmittelbar anschließend mit einer Oberflächenbeschichtung, insbesondere einer Korrosionsschutzschicht, versehen wird.

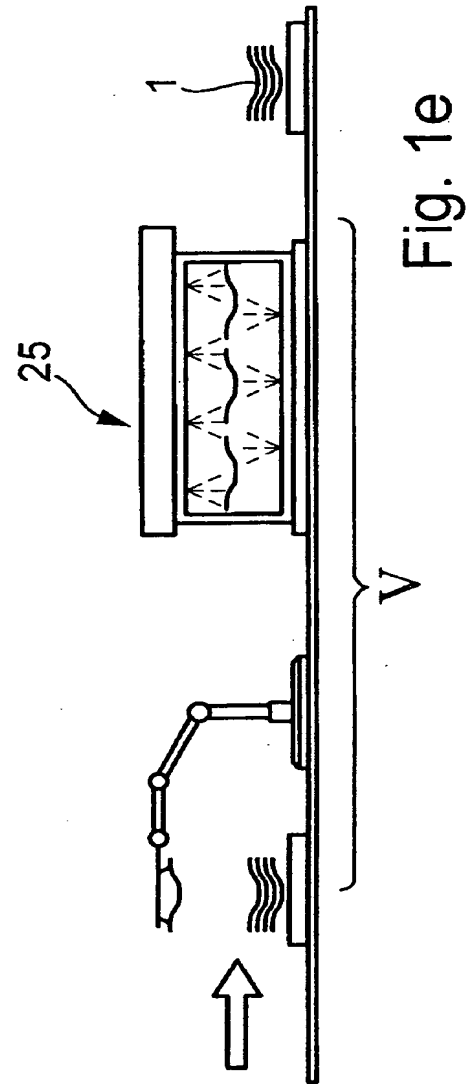
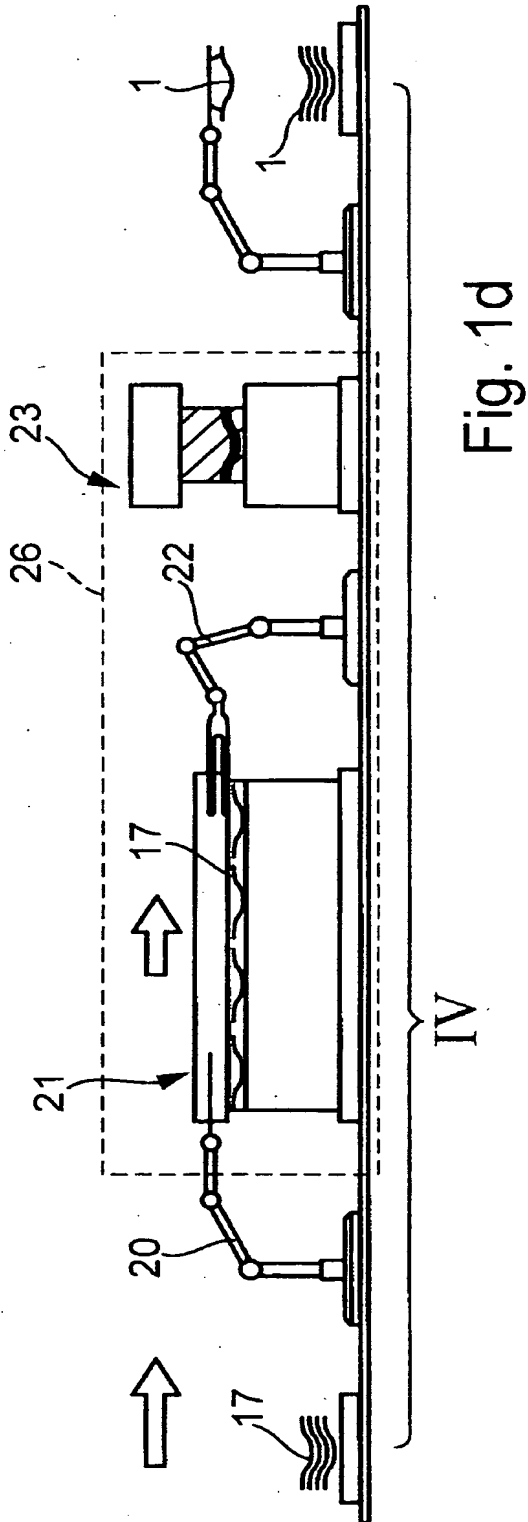
9. Verfahren nach der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Erwärmung des beschnittenen Bauteil-Rohlings (17) in Prozeßschritt IV in einem Durchlaufofen (21) erfolgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Erwärmung des beschnittenen Bauteil-Rohlings (17) in Prozeßschritt IV induktiv erfolgt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen







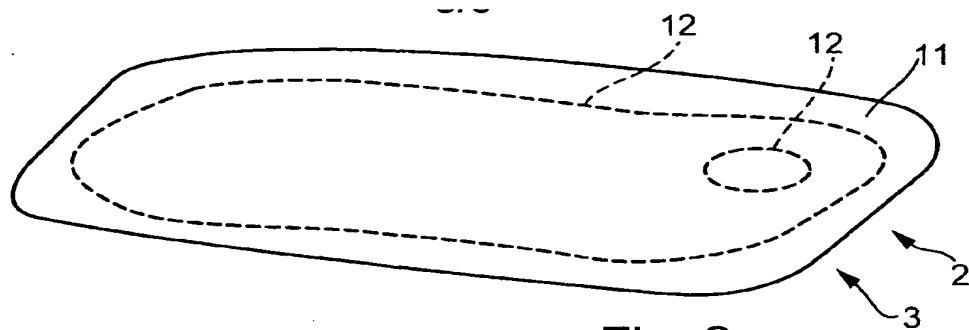


Fig. 2a

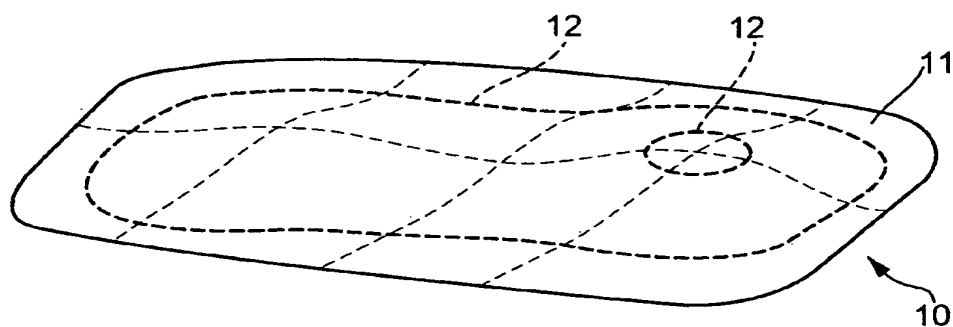


Fig. 2b

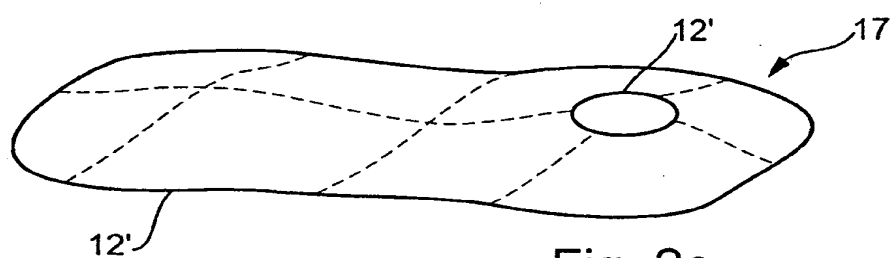


Fig. 2c

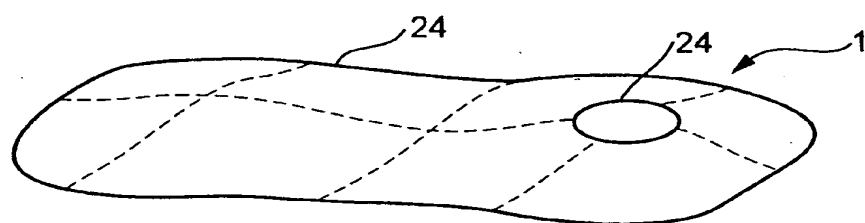


Fig. 2d

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**